



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108252721 B

(45)授权公告日 2019.12.03

(21)申请号 201810025136.6

E21D 11/14(2006.01)

(22)申请日 2018.01.11

E21D 11/38(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108252721 A

(56)对比文件

CN 106337690 A,2017.01.18,

CN 205477646 U,2016.08.17,

CN 106593464 A,2017.04.26,

CN 206530342 U,2017.09.29,

US 2014/0262340 A1,2014.09.18,

(43)申请公布日 2018.07.06

(73)专利权人 北京工业大学

地址 100124 北京市朝阳区平乐园100号

审查员 陈晓艳

(72)发明人 钟紫蓝 汪振 赵密 杜修力

(74)专利代理机构 北京思海天达知识产权代理

有限公司 11203

代理人 刘萍

(51)Int.Cl.

E21D 9/14(2006.01)

E21D 11/00(2006.01)

E21D 11/10(2006.01)

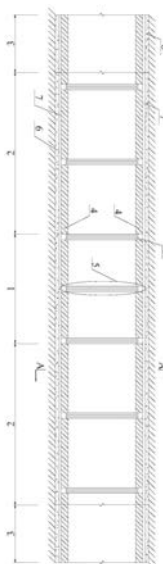
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

一种用于穿越活动断层区的抗断型铰接隧道及其应用

(57)摘要

一种用于穿越活动断层区的抗断型铰接隧道及其应用属于隧道结构,隧道结构包括初衬、节段内衬和相邻节段内衬间的环向柔性铰,环向柔性铰在断层破碎带区段及断层破碎带影响区段内按不同间距布置。隧道节段内衬中沿环向布置有预应力钢筋;环向柔性铰由隧道衬砌内壁至外分别为波纹钢管、橡胶垫层、钢筋网以及柔性抗裂混凝土层。波纹钢管与节段内衬间通过预应力钢筋连接。隧道防水通过设置多层防水措施保证,包括PVC防水板,土工膜以及背贴式止水带。柔性抗裂混凝土层选用超高韧性水泥基复合材料,其具有良好的抗渗性及耐久性。本发明满足活动断层所产生的大错动量,保证跨活动断层隧道的安全性,且环向柔性铰处的局部破坏易于快速修复,活动断层错动后能够保证隧道的正常使用功能。



1. 一种用于穿越活动断层区的抗断型铰接隧道,其特征在於:包括断层破碎带区段、断层破碎带影响区段和普通区段;所述断层破碎带区段和断层破碎带影响区段的隧道衬砌结构包括外衬和节段内衬,且相邻节段内衬间由环向柔性铰连接;

环向柔性铰的构造由隧道衬砌内壁至外分别为波纹管、橡胶垫层、钢筋网、柔性抗裂混凝土层,且在环向柔性铰中设置防水措施;

环向柔性铰布置在断层破碎带区段和断层破碎带影响区段;环向柔性铰在断层破碎带区段的布置间距要小于断层破碎带影响区段。

2. 根据权利要求1所述的一种用于穿越活动断层区的抗断型铰接隧道,其特征在於:所述柔性抗裂混凝土层选用超高韧性水泥基复合材料与钢筋相结合,其中超高韧性水泥基复合材料的极限拉应变能力应稳定地达到3%以上,且弹性模量应为节段内衬所选普通混凝土的 $1/2\sim 1$ 。

3. 根据权利要求1所述的一种用于穿越活动断层区的抗断型铰接隧道,其特征在於:节段内衬沿环向设置有预应力钢筋。

4. 根据权利要求1所述的一种用于穿越活动断层区的抗断型铰接隧道,其特征在於:隧道防水通过设置多层防水措施保证,在外衬与节段内衬间设置有防水层;在节段内衬与柔性抗裂混凝土层接缝处的迎水面上设置有背贴式止水带,背水面上用嵌缝膏填充;在柔性抗裂混凝土层中设置土工膜。

5. 根据权利要求1所述的一种用于穿越活动断层区的抗断型铰接隧道,其特征在於:柔性抗裂混凝土层的厚度取值为隧道内衬厚度的 $1/2$ 。

6. 根据权利要求1所述的一种用于穿越活动断层区的抗断型铰接隧道,其特征在於:断层破碎带宽度应不小于15m。

7. 根据权利要求1所述的一种用于穿越活动断层区的抗断型铰接隧道,其特征在於:环向柔性铰长度值取隧道直径的 $1/4\sim 1/10$ 。

8. 根据权利要求1所述的一种用于穿越活动断层区的抗断型铰接隧道,其特征在於:环向柔性铰所取最大长度不应超过2.5m,最小长度不应小于1m。

9. 根据权利要求1所述的一种用于穿越活动断层区的抗断型铰接隧道,其特征在於:节段内衬在断层破碎带区段的长度应取为隧道直径 $1/3$,并结合隧道实际进行适当调整,在断层破碎带影响区段内的长度值取隧道直径的 $1/3\sim 1/2$,且节段内衬的长度应大于环向柔性铰长度。

一种用于穿越活动断层区的抗断型铰接隧道及其应用

技术领域

[0001] 本发明涉及一种隧道结构,具体为穿越活动断层区的抗断型铰接隧道及其应用。

背景技术

[0002] 在近几年中,世界范围内发生多次强烈地震,对建筑物及生命线工程造成严重破坏,尤其是隧道、地下管线等结构。对于绝大多数地震而言,断层错动是其诱发的主要原因,例如1999年中国台湾的集集地震、2008年中国四川的汶川地震以及2016年日本的熊本地震等。活动断层的黏滑错动会诱发地震,能量以地震波形式释放,临近极震区隧道则会遭受明显震害。相关学者对近场区域隧道震害的统计表明,若隧道穿越发震断层或发震断层周围的活动断层带时,其震害尤为严重,例如2008年的汶川地震中,友谊隧道、紫平铺隧道、龙洞子隧道和龙溪隧道等破坏均极为严重,而这些隧道均穿越不同的活动断层。活动断层错动量通常由几厘米至几米不等,正是由于断层错动以及断层区围岩的软弱特性,使得穿越活动断层带隧道会出现衬砌开裂、剥落、错台甚至隧道垮塌等严重震害。

[0003] 在跨断层隧道的抗震及抗断方面,目前主要采取以下几种措施:(1)改善隧道衬砌材料的力学特性来提升结构的抗震性能,如采用钢纤维混凝土来增加阻尼,采用聚合物混凝土来降低刚度等;(2)设置减震缝,即减小衬砌节段长度,使断层错动时破坏集中于接缝处,而保证衬砌的整体性能;(3)根据断层可能的错动量,扩大隧道断面尺寸,在外衬和内衬之间填充多孔材料,通过外衬和内衬之间的间隙抵消断层错动影响,但超挖尺寸会受限于经济因素。以上部分减震或抗断措施已在国内外不同隧道工程中得到了应用,如中国乌鞘岭特长隧道、土耳其博卢隧道和伊朗Koohrang-III输水隧道等。然而以上措施只适用于活动断层错动量较小的情况下,而当活动断层错动量达到米级时,隧道仍然会发生严重破坏而丧失正常使用功能,且多数情况下隧道结构在灾后已无法修复。

发明内容

[0004] 本发明目的在于克服现有隧道抗断措施不能满足断层大错动的缺点,将波纹钢管良好的抗拉与抗剪性能应用于隧道结构中,提供一种能够在活动断层发生大错动下保持结构的安全性,仅在环向柔性铰处产生可修复性破坏而不影响其正常使用的抗断型铰接隧道结构。本发明采用如下技术方案:

[0005] 一种用于穿越活动断层区的抗断型铰接隧道,其特征在于:包括断层破碎带区段、断层破碎带影响区段和普通区段;所述断层破碎带区段和断层破碎带影响区段的隧道衬砌结构包括外衬和节段内衬,且相邻节段内衬间由环向柔性铰连接;

[0006] 环向柔性铰的构造由隧道衬砌内壁至外分别为波纹钢管、橡胶垫层、钢筋网、柔性抗裂混凝土层,且在环向柔性铰中设置防水措施;

[0007] 环向柔性铰布置在断层破碎带区段和断层破碎带影响区段;环向柔性铰在断层破碎带区段的布置间距要小于断层破碎带影响区段。

[0008] 2.进一步,所述柔性抗裂混凝土层选用超高韧性水泥基复合材料与钢筋相结合,

其中超高韧性水泥基复合材料的极限拉应变能力应稳定地达到3%以上,且弹性模量取值为节段内衬所选普通混凝土的1/2~1。

[0009] 3.进一步,节段内衬沿环向设置有预应力钢筋。

[0010] 4.进一步,隧道防水通过设置多层防水措施保证,在外衬与节段内衬间设置有防水层;在节段内衬与柔性抗裂混凝土层接缝处的迎水面上设置有背贴式止水带,背水面上用嵌缝膏填充;在柔性抗裂混凝土层中设置土工膜。

[0011] 5.进一步,柔性抗裂混凝土层的厚度取值为隧道内衬厚度的1/2。

[0012] 6.进一步,断层破碎带宽度应不小于15m。

[0013] 7.进一步,环向柔性铰的长度值取隧道直径的1/4~1/10。

[0014] 8.进一步,环向柔性铰所取最大长度不应超过2.5m,最小长度不应小于1m。

[0015] 9.进一步,节段内衬在断层破碎带区段的长度应取为隧道直径1/3,在断层破碎带影响区段内的长度值取隧道直径的1/3~1/2,且节段内衬的长度应大于环向柔性铰长度。

[0016] 一种用于穿越活动断层区的抗断型铰接隧道,包括隧道外衬、节段内衬、以及相邻节段内衬间的环向柔性铰。节段内衬中设置有环向预应力钢筋。外衬与节段内衬间设置有防水层。环向柔性铰的构造由隧道衬砌内壁至外分别为波纹钢管、橡胶垫层、钢筋网、柔性抗裂混凝土层。柔性抗裂混凝土层的厚度取值为隧道内衬厚度的1/2,以保证其能承受活动断层错动时的剪切作用但同时刚度要小于相邻的节段内衬。柔性抗裂混凝土层内部设置有土工膜;节段内衬与柔性抗裂混凝土层接缝处设置有背贴式止水带。柔性抗裂混凝土层选用超高韧性水泥基复合材料与钢筋相结合,其中超高韧性水泥基复合材料的极限拉应变能力应稳定地达到3%以上,且弹性模量取值为节段内衬所选普通混凝土的1/2~1。由于不使用粗骨料,因此超高韧性水泥基复合材料的弹性模量均低于普通混凝土,其特点在于高韧性、低弹模以及良好的耐久性与防渗性。

[0017] 一种用于穿越活动断层区的抗断型铰接隧道按活动断层带宽度及其错动对结构衬砌的影响范围可以分为断层破碎带区段、断层破碎带影响区段和普通区段。断层破碎带区段即为活动断层带宽度,活动断层在该区域内发生错动对衬砌的破坏性最为严重;断层破碎带影响区段为活动断层错动后超出断层破碎带区段的衬砌破坏范围,而超出该范围的区域则为普通区段,活动断层的错动不会对普通区段的衬砌产生破坏。

[0018] 本发明所适用的断层破碎带宽度应不小于15m,环向柔性铰布置在断层破碎带区段和断层破碎带影响区段。环向柔性铰长度值取隧道直径的1/4~1/10,且环向柔性铰所取最大长度不应超过2.5m,最小长度不应小于1m,这是由于环向柔性铰属薄弱环节,因此过大的破坏范围不仅不易于修复且难以保证隧道的正常使用,而过小的长度则不能满足活动断层的大错动,且对节段内衬中预应力钢筋张拉时需一定的作业空间。节段内衬在断层破碎带区段的长度应取为隧道直径1/3,在断层破碎带影响区段内的长度值取隧道直径的1/3~1/2,且节段内衬的长度应大于环向柔性铰长度。在断层破碎带区段内节段内衬的长度大于断层破碎带影响区段可以达到更高的经济性。

[0019] 橡胶垫层和钢筋网的设置可以对波纹钢管起到有效的保护作用,承受柔性抗裂混凝土层在受力破坏时可能产生的开裂及剥落,吸收部分能量,降低对波纹钢管产生的附加损伤。节段内衬中设置的环向预应力钢筋不仅起到对波纹钢管的锚固作用,且可以对节段内衬施加预压应力,改善混凝土在外荷载作用下的力学性能,提升结构的刚度,增加衬砌结

构耐久性并延迟裂缝出现时间。隧道防水是穿越软弱围岩的施工中需要解决的重要问题之一,在本发明中设置了多层防水措施,包括在外衬与节段内衬间设置的防水层,防水层包括PVC防水板及防水板外侧设置无纺布缓冲层;在内衬与柔性抗裂混凝土层接缝处的迎水面上设置的背贴式止水带,背水面上用嵌缝膏填充;在柔性抗裂混凝土层中设置土工膜,并延伸至两侧节段内衬中。

[0020] 波纹钢管由不同管节拼装而成,管节搭接要对正连接孔,将螺栓的螺纹部位涂上润滑剂,螺栓与螺母均采用热浸镀锌处理。波纹钢管的管节连接处需采用密封材料封填,以防止波纹钢管连接处渗水。波纹钢管的内、外侧管壁应涂刷沥青胶结材料使之形成防腐、防水层。波纹钢管的壁厚取5~10mm之间,波距取值在100~200mm之间,使之可承受一定的外压力并保证在活动断层错动过程中所需的柔韧性和刚度。

[0021] 本发明提供了一种穿越活动断层区的抗断型铰接隧道,通过将隧道内衬设置为不同节段,使得在断层错动后影响区内的隧道各节段内衬相对独立,相邻节段内衬间采用环向柔性铰连接,环向柔性铰的整体刚度要小于节段内衬,在活动断层错动时承受主要的力和变形。环向柔性铰的主体结构由抗拉与抗剪性能较好的波纹钢管以及有较高延展性及抗坍塌能力的柔性抗裂混凝土层组成,在活动断层错动时,利用波纹钢管沿各个方向的可拉伸和压缩特性,实现类似手风琴式变形,并通过内衬中环向预应力钢筋将相邻的环向柔性铰相关联,最终在活动断层错动影响区内的隧道轴线会变成S型,而多个环向柔性铰变形的累加则可满足活动断层错动所产生的大变形,将活动断层错动对隧道衬砌的破坏降至最低。在环向柔性铰中,由于柔性抗裂混凝土层以及波纹钢管良好的力学性能,可以保证环向柔性铰即使承受较大的位移和力导致其内部的波纹钢管和柔性抗裂混凝土层发生局部拉伸、剪切或弯曲破坏后,依然能够保证连接处整体性,并在灾后可快速更换修复。

附图说明

- [0022] 图1是抗断型铰接隧道的结构示意图;
- [0023] 图2是图1中沿A-A横截面的构造示意图;
- [0024] 图3为抗断型铰接隧道中环向柔性铰示意图;
- [0025] 图4是图3中C局部的放大示意图;
- [0026] 图5是图3中沿B-B横截面的构造示意图;
- [0027] 图6是波纹钢管的拼接示意图;
- [0028] 图7是节段内衬在活动断层错动下的变形图;

具体实施方式

[0029] 下面结合附图1至图7详细说明本发明具体实施方式。

[0030] 图1和图2中所示为一种用于穿越活动断层区的抗断型铰接隧道及其应用。根据活动断层带宽度及其错动对结构衬砌的影响范围,将隧道沿长度方向划分为断层破碎带区段1、断层破碎带影响区段2以及普通区段3。本实施例在断层破碎带区段1和断层破碎带影响区段2将隧道内衬设计为节段内衬4,相邻节段内衬4之间通过环向柔性铰5连接。环向柔性铰5在断层破碎带区段1和断层破碎带影响区段2按不同间距布设以满足活动断层错动时所产生的大位移,保证隧道结构的安全性。

[0031] 在隧道主体结构施工过程中,首先通过外衬6对开挖面进行初次支护,随后进行节段内衬4的灌注施工,在节段内衬4的施工中要在预应力钢筋10位置预留相应的孔道,待混凝土达到规定的强度后,在预留孔道中穿入预应力钢筋10并利用锚具张拉。

[0032] 参照图3至图6中所示,环向柔性较5由五部分组成,分别为波纹钢管11、柔性抗裂混凝土层8、橡胶垫层9、钢筋网14以及土工膜13。橡胶垫层9位于波纹钢管11与柔性抗裂混凝土层8之间,土工膜13位于柔性抗裂混凝土层8内部,并延伸至两侧节段内衬4中。柔性抗裂混凝土层8选用超高韧性水泥基复合材料进行灌注,并在内部设有钢筋。波纹钢管11采用拼装施工,波纹钢管11的不同管节16间通过螺栓18、螺母19和垫圈17连接为闭合截面,两端焊接法兰盘15。波纹钢管11通过法兰盘15与预应力钢筋10锚固在一起,并且使用填缝剂对波纹钢管11与节段内衬4之间所存在的缝隙进行密封处理。波纹钢管11与柔性抗裂混凝土层8之间采用的橡胶垫层9以及钢筋网14可以对波纹钢管11起到保护的作用。

[0033] 参照图2和图4中所示,本实施例在外衬6和节段内衬4之间设有防水层7,在柔性抗裂混凝土层8与节段内衬4之间施工缝的迎水面上设置有背贴式止水带12,在柔性抗裂混凝土层8内设有土工膜13。通过设置多道防水措施以及采用防渗性和耐久性更好的混凝土材料可以达到更好的防水效果。

[0034] 参照图7中所示,在活动断层发生错动后,相邻节段内衬4间的波纹钢管11在受力后产生压缩与拉伸,由于波纹的可延展性与可压缩性,由此可以产生转角位移与拉压变形,而多个波纹钢管11的变形的累加则可满足活动断层错动所产生的大变形。

[0035] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例而已,并非对本发明做任何形式上的限制,任何未脱离本发明技术方案内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所做的任何简单修改、等同变化与修饰,均仍属于本发明技术方案的范围。

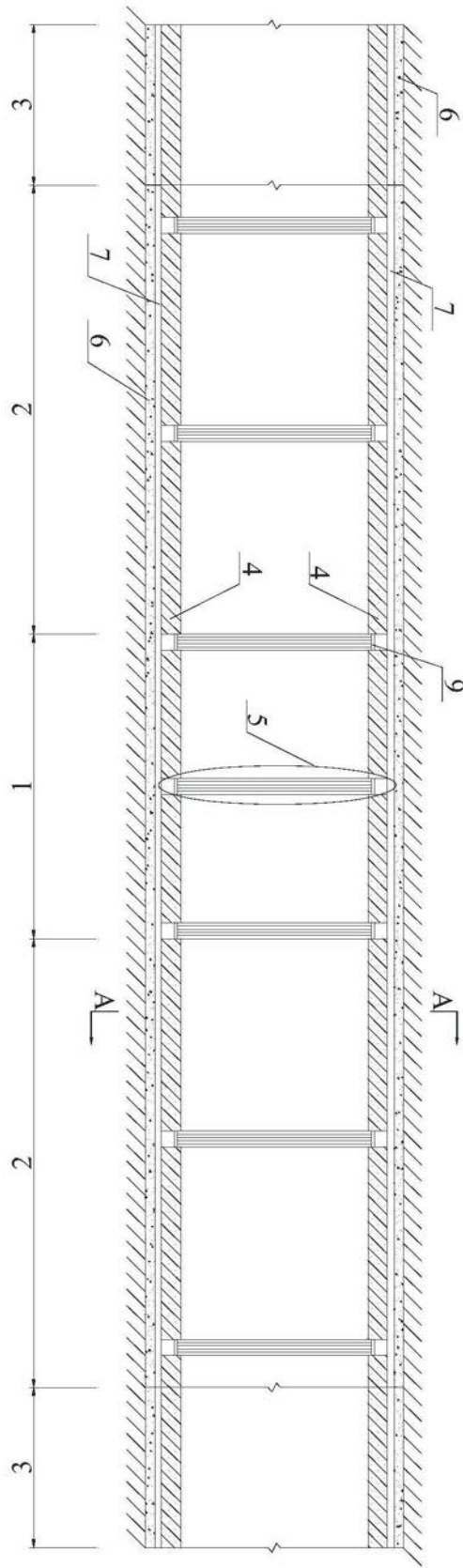


图1

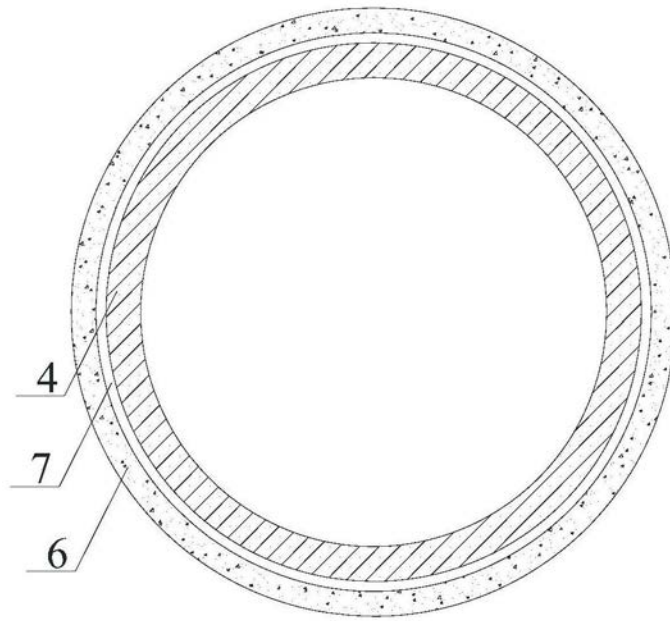


图2

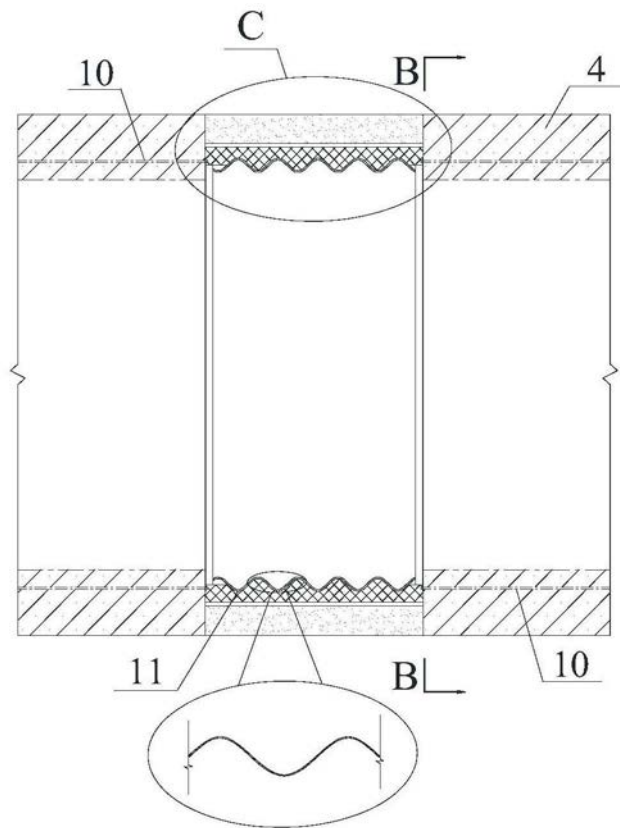


图3

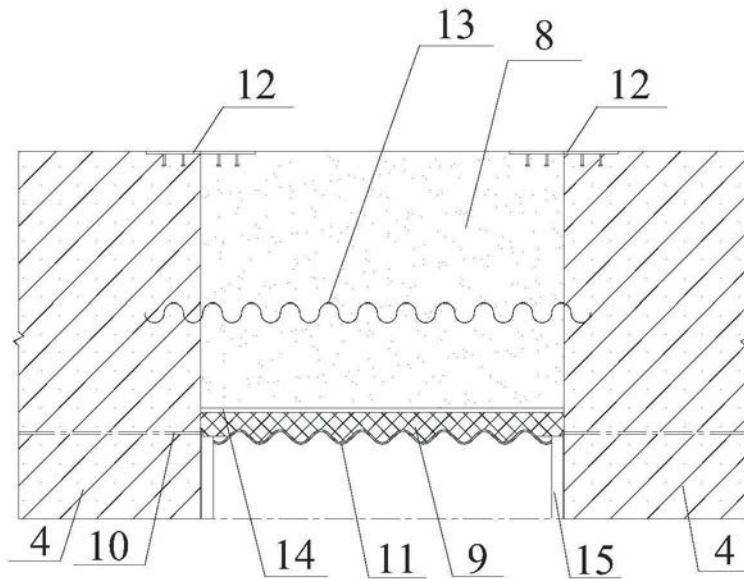


图4

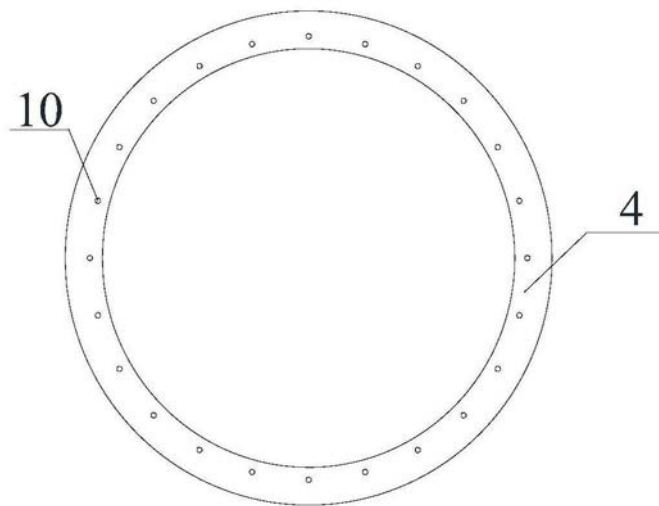


图5

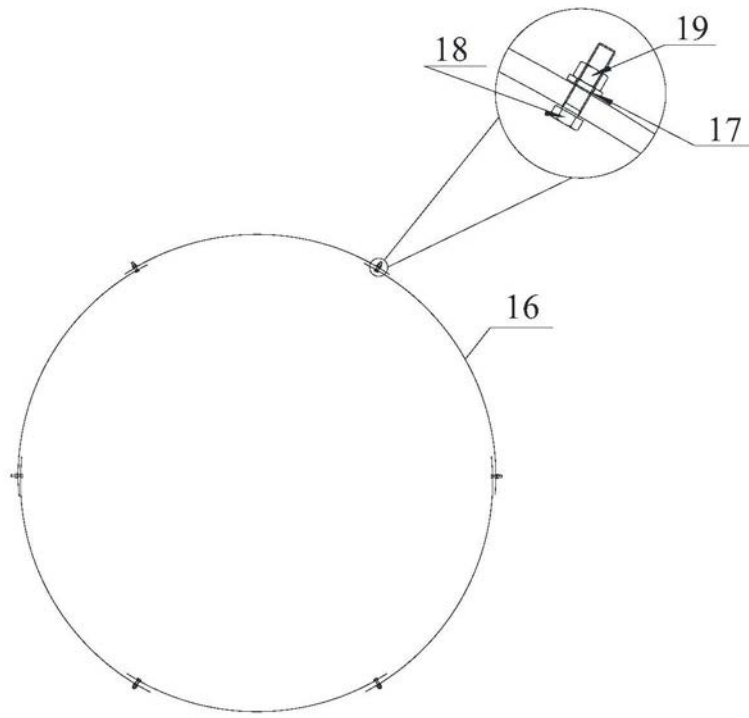


图6

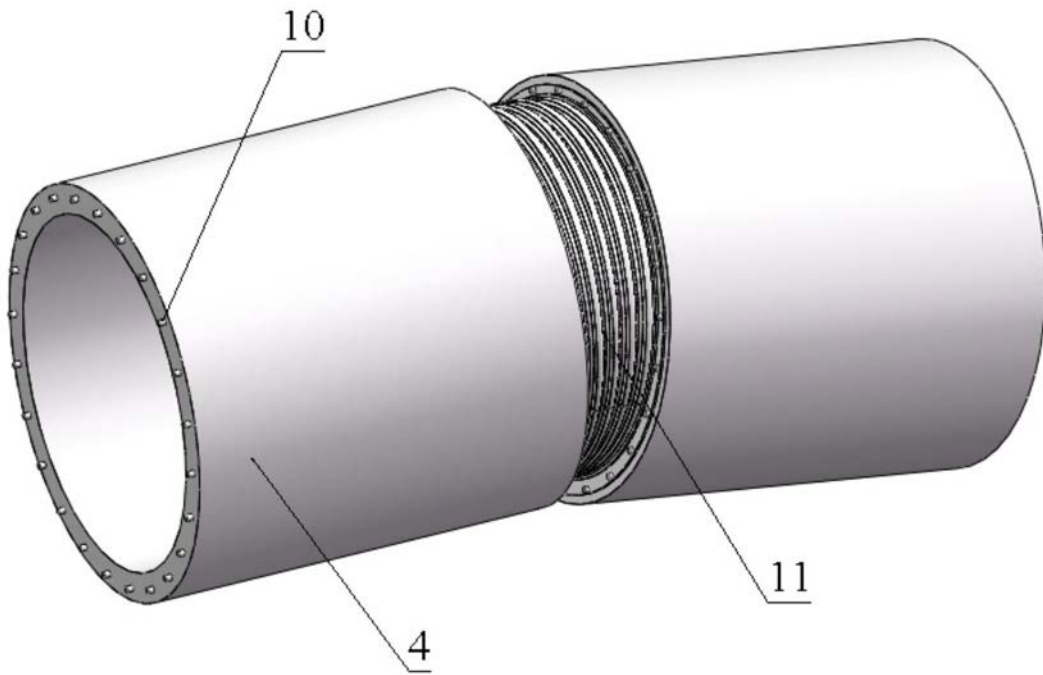


图7